

В диссертационный совет 24.1.060.01
при ФГБУН Институте динамики систем
и теории управления имени В.М. Матросова
Сибирского отделения Российской академии наук

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Старицына Максима Владимировича
**«Вариационный анализ задач оптимального управления
в бесконечномерных пространствах»**
представленной на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук
по специальности 1.1.2 — «Дифференциальные уравнения
и математическая физика»

Диссертационная работа М.В. Старицына посвящена вариационному анализу задач оптимального управления, фазовыми переменными в которых служат функции или меры, а динамика описывается дифференциальными уравнениями в бесконечномерных пространствах. Их анализ требует согласования методов теории управления с аппаратом функционального анализа и теории дифференциальных уравнений. Поэтому тема диссертации является актуальной и соответствует современным направлениям развития математической теории управления.

Основная проблема, рассматриваемая в работе, связана с получением содержательных необходимых условий оптимальности в ситуациях, когда принцип максимума Понтрягина не позволяет выделить оптимальный процесс из множества экстремалей. В вырожденных задачах условия первого порядка могут не отражать изменения целевого функционала, существенные для оценки исследуемого управления. Это обстоятельство приводит к необходимости использовать подходы, не ограниченные методами локальных вариаций.

Методологическую основу диссертации составляет каноническая линеаризация нелинейной задачи управления. Исходная динамика представляется линейным эволюционным уравнением на подходящем пространстве функционалов или мер, а целевой функционал становится линейным по новой фазовой переменной. Двойственная система позволяет получить точное представление разности значений целевого функционала на двух допустимых управлениях. Принципиально важно, что это представление не содержит остаточного члена и потому сохраняет информацию, которая обычно теряется в асимптотических формулах приращения.

Из точной формулы приращения автор выводит позиционные условия оптимальности. Управление сравнения в них зависит от состояния соответствующего процесса, вследствие чего полученные условия не сводятся к поточечному условию максимума. В конечномерной гладкой задаче показана связь предложенной конструкции с классическими условиями высших порядков. Полученная связь позволяет сопоставить позиционные условия с известными необходимыми условиями высших порядков.

Значительная часть работы посвящена распространению этой схемы на задачи управления обыкновенными дифференциальными уравнениями в банаховом пространстве. Для такого класса систем установлены точные формулы приращения и необходимые условия оптимальности, исследована их связь с импульсно-траекторными расширениями.

Отдельный цикл результатов относится к задачам управления нелокальными уравнениями неразрывности и баланса на пространствах мер. Уравнение неразрывности сводится к обыкновенному дифференциальному уравнению на банаховом пространстве отображений сдвига. Для уравнения баланса построено представление в виде нелокального уравнения неразрывности на расширенном пространстве вероятностных мер; исходная неотрицательная мера восстанавливается посредством барицентрической проекции. Эти редукции имеют самостоятельное значение, поскольку позволяют перенести полученные результаты с одной категории управляемых систем на другую.

В работе исследуются также импульсно-траекторные расширения и задачи управления ансамблем начальных состояний. Совокупность этих результатов образует целостную схему, а не набор независимых частных утверждений.

Научная новизна диссертации состоит в построении точных нелокальных формул приращения и основанных на них позиционных условий оптимальности, в развитии соответствующей теории для систем в банаховых пространствах и на пространствах мер, а также в редукции нелокальных уравнений баланса к уравнениям неразрывности на расширенном пространстве. Теоретическая значимость определяется развитием вариационных методов анализа бесконечномерных задач управления. Полученные условия могут служить основой для построения процедур улучшения управления и дальнейшего развития численных методов.

По теме диссертации опубликованы 24 работы, из которых 18 статей — в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК или индексируемых в международных базах Scopus и Web of Science. Результаты работы докладывались на российских и международных конференциях.

Основные результаты диссертации соответствуют паспорту специальности 1.1.2. Результаты о позиционных условиях экстремума, принципе максимума Понтрягина, редукции задач управления и импульсно-траекторных расширениях относятся к направлению «Дифференциальные уравнения и системы дифференциальных уравнений в задачах оптимального управления и вариационного исчисления». Результаты о нелокальных уравнениях неразрывности и баланса на пространствах мер относятся к направлениям «Нелинейные дифференциальные уравнения и системы нелинейных дифференциальных уравнений» и «Общая теория дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений».

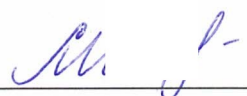
В качестве замечания отмечу, что результаты для обыкновенных дифференциальных уравнений в банаховом пространстве изложены на достаточно общем уровне. Было бы полезно дополнить этот материал

примером системы с последствием и проиллюстрировать на нем вид получаемого позиционного условия. Замечание относится к изложению автореферата и не влияет на общую положительную оценку работы.

На мой взгляд, диссертация М.В. Старицына является завершённой научно-квалификационной работой, в которой решена научная проблема развития вариационных методов исследования задач оптимального управления в бесконечномерных пространствах, имеющая существенное значение для теории дифференциальных уравнений и математической теории управления. Работа выполнена на высоком уровне, а ее результаты опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях. Автореферат полно и достоверно отражает содержание диссертационной работы. Она соответствует требованиям пунктов 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Максим Владимирович Старицын, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.2 — «Дифференциальные уравнения и математическая физика».

Профессор кафедры дифференциальных уравнений
механико-математического факультета
Новосибирского государственного университета,
доктор физико-математических наук, доцент

«10» сентября 2026 г.


И. И. Матвеева

Специальность: 01.01.02 — дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление

Почтовый адрес: 630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, д. 1

Телефон: +7 (913) 754-5032

Электронная почта: i.matveeva@g.nsu.ru

Я, Матвеева Инесса Изотовна, даю согласие на обработку и размещение моих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета.



И. И. Матвеева

Подпись Матвеевой Инессы Изотовны заверяю:

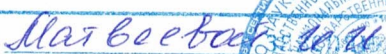
(должность уполномоченного лица)

(подпись)

«__» _____ 2026 г.

(инициалы, фамилия)

М. П.

Подпись 


«10» 09 2026
